塑性区間を指定する既設鋼製橋脚の耐震補強法に関する実験的研究

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 北田俊行 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村政秀 阪神高速道路公団 保全施設部 正会員 南荘 淳 阪神高速道路公団 保全施設部 正会員 吉原 聡 阪神高速道路公団 保全施設部 正会員 田畑晶子

1.目的 既設鋼製橋脚の耐震補強法として,図-1および表-1に示すように,柱部材の中程に他の断面よりも先行 して集中的に塑性変形させる区間(以下,塑性区間という)を設け,その塑性区間の強度と変形性能とで柱部材全 体の耐荷力と変形性能とをコントロールすることを期待した方法 表-1 実験供試体の内訳

(以下,中空コンクリート充填補強法という)が提案¹⁾されている. 本研究では,塑性区間の補剛板の板パネルのアスペクト比を _s=1.0 とした矩形断面鋼製橋脚模型の繰返し載荷実験およびハイブリッド 地震応答実験を実施し,本耐震補強法の有効性を検討している.

2.実験供試体の設計 実験供試体は文献 2)に規定される補強が必要な断面, すなわち縦補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ *R_R*, 補剛板パネル全体の幅厚比パラメータ *R_F*, および縦補剛材の幅厚比パラメータ *R_s*を, それぞれ 0.618 ~ 0.650, 0.468 ~ 0.490, および 0.579 ~ 0.616 とした(表-2 参照). そして, 中埋めコンクリートの充填高さは *L*/5 (*L*:橋脚高さ), 塑性区間のアスペクト比は *s*=1.0, およ

び追加するコンクリートの充填高さは,鋼断面に局部座屈を 発生させない高さ(=2L/3)とした.ここで, 。=1.0 は圧縮 力を受ける4辺単純支持板の座屈モード1波長と同程度の長 さに相当する.なお,追加充填コンクリート,および中埋め コンクリートは,それぞれ既設のダイアフラム,および本補強 法のために追加するダイアフラムにより上下で密閉され,そ れらの充填効果を高めている.

2.繰返し載荷実験 3体の実験供試体を用いて,作用軸方 向圧縮力N(上部構造物の自重を想定し,鋼断面の全塑性軸 方向圧縮力の11%)を一定とし,供試体頂部に±n y(n=1, 2,...)の水平変位 を作用させる漸増繰返し水平変位載荷 実験を行った.ここで,図-2には,実験供試体の塑性率およ び最大水平荷重(終局水平荷重)を比較するために各載荷サ イクルのマイナス側のピーク時点での値をプロットした包 絡線を示す.同図の縦軸は,作用水平荷重Hを鋼断面のみを 考慮した降伏水平荷重 Hyで,また横軸は基部の弾性支持に よる剛体変形を取り除いた頂部の作用水平変位 を降伏水 平変位 _{ro}で,それぞれ無次元化したものである.さらに, 各実験供試体の塑性率µ(=終局水平荷重時の水平変位 」/ 降伏水平変位 yo),終局水平荷重 Hu, および実験供試体 CEO-L/5 に対する強度上昇率 (=終局水平荷重 H_u/実験供試 体 CEO-L/5 の終局水平荷重 H_{u CEO-L/5})とを比較してまとめて いる.コンクリートを L/5 まで充填した実験供試体 CEO-L/5 の塑性率はµ₁=3.78 である.この実験供試体では,中埋めコ



表-2 実験供試体の主な諸元



図-2 各実験供試体の包絡線および主な実験結果

キーワード:鋼製橋脚,耐震補強,塑性変形,繰返し載荷実験,ハイブリッド地震応答実験 連絡先: 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3 阪神高速道路公団・保全施設部 TEL 06-6252-8121

ンクリート充填部分直上の鋼断面の補剛板パネルの全体座屈が発生するため(写真-1(a)参照),終局荷重後の耐荷力 の低減が著しい.一方,コンクリートを2L/3まで充填した実験供試体CCO-2L/3は,塑性率を著しく改善できるも のの,補強前に比較して約20%の強度上昇を伴う.また,写真-1(b)に示すように,橋脚下端のコンクリート充填部 分に損傷が発生する.ここで,塑性区間を設置した実験供試体C10-L/5ではµ"=7と十分な変型性能が確保できる. 強度上昇も 5%であり,コンクリートを 2L/3 まで充填した実験供試体 CCO-2L/3 と比べ確実に耐荷力の上昇を低減 できる.さらに,実験終了後の損傷状態を観察すると,塑性区間の縦補剛材間の板パネルに局部座屈変形が集中し て発生し,それ以外の断面にはほとんど変形が発生していない(写真-1(c)参照).



(a)実験供試体 CEO-L/5

(b)実験供試体 CCO-2L/3 写真-1 実験終了後の損傷箇所および損傷状況 3. ハイブリッド地震応答実験 入力地震加速度には,兵庫県南部地震の際に JR 鷹取駅構内地盤上(種地盤上)

において観測・記録された南北方向の地震波を,道路橋示方書・耐震設計編³⁾ に規定されている標準加速度応答スペクトルに近い振動特性を有するように 調整された修正地震波形(以下, JR-TK-NS 地震波という)を用いた(図-3参 照). なお, 減衰定数は, 0.05 とした. 図-4 より, 実験供試体 H10-L/5 には, 時刻 t=5.97(s)において,最大応答変位 4.72cm (=4.22 yo であり,橋脚高さの 1/33)が発生している.また,残留変位_Rは1.18cm(=1.05_{YO}であり,橋脚 高さの 1/133) であり, 残留変位の許容値³⁾(=橋脚高さの 100 分の 1 以内)よ



図-3 入力加速度形(JR-TK-NS地震波) りも小さい値となっている.図-6によると,実験終了後の残留変形は塑性区間の鋼断面にのみ縦補剛材間の板パネ ルに局部座屈変形が発生した.しかし,その他の断面とりわけ実験供試体の最下端付近には見られなかった.また, 補剛板パネルの全体座屈変形も発生しなかったため,柱部材の耐荷力の低下は認められない(図-5参照).



4 まとめ 中空コンクリート充填補強法の有効性を実験的に検討した。得られた主な結果は以下のとおりである. 1)コンクリートを橋脚高さの 1/5 まで充填し,その直上に縦補剛材間の板パネル程度の長さの塑性区間を設定する と,補強に伴う強度の上昇を 5%程度(コンクリートを充填した場合は約 20%)にとどめ,塑性率7を確保できた.2) 塑性区間のアスペクト比を _s=1.0 とし, 地震波 JR-TK-NS を入力した場合にも, 損傷は塑性区間の縦補剛材間の板 パネルのみに限定して発生し,橋脚模型はほぼ健全な状態に保たれていた.3)以上から,柱部材の中程に集中的に 塑性変形を誘導させる耐震構造および耐震設計法の有効性が確認出来た.

参考文献 1) 松村政秀・北田俊行・澤登善誠・中原嘉郎: 無充填区間を有するコンクリート充填補強による既設鋼 製橋脚の耐震補強法に関する実験的研究,構造工学論文集,Vol.47A,土木学会,pp.35-44,2001年3月.20)阪神 高速道路公団:既設鋼製橋脚の耐震補強設計要領(案)・同施工マニュアル(案),平成9年.3)日本道路協会:道 路橋示方書・同解説, .耐震設計編,平成8年12月.